

**Tabla 1.** Propiedades y Características del PU Vegetal-Tipo“N” (Fuente: *Sinergia Service Ltda*).

Propiedades	Características
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producto bicomponente, ecológicamente correcto, obtenido a partir de un recurso natural y renovable (aceite de ricino).</li> <li>• Libre de toxicidad y solventes (100% sólido), libre de metales pesados, polimerizado en frío, con biodegradabilidad compatible con su vida útil (Normas ISO 14000).</li> <li>• Cuando se quema, no propaga llamas ni libera vapores tóxicos, ya que no contiene sustancias volátiles en su formulación, pudiendo aplicarse en lugares cerrados con baja ventilación.</li> <li>• Resistencia excepcional a la corrosión, abrasión, rayos UV y sustancias agresivas (ácidos, álcalis y solventes), una resistencia superior a la de los sistemas basados en resina epoxi más comunes.</li> <li>• Perfectamente hermético (a líquidos y gases). Excelente adherencia al sustrato, sin presentar retracción volumétrica después del curado.</li> <li>• Elasticidad razonable y elevada durabilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consistencia fluida.</li> <li>• Liberación de elementos tóxicos en la atmósfera: totalmente ausente.</li> <li>• Contenido de sólidos: 100%.</li> <li>• Sistemas libres de solventes.</li> <li>• Espesor: <math>\geq 1</math> mm resultante de las capas aplicadas.</li> <li>• Densidad: <math>\geq 1,02</math> g/cm<sup>3</sup>.</li> <li>• Color después del curado (**): tiende a un ligero amarilleo cuando se expone a los rayos UV, preservando todas las demás características.</li> <li>• Resistencia al calor: Temperatura de transición vítrea (100 °C); Temperatura de pérdida de masa (después de 210 °C).</li> <li>• Temperatura máxima de uso (70°C).</li> <li>• Tiempo de trabajo (aplicación después de la mezcla): hasta 20 minutos.</li> <li>• Secado al tacto: aproximadamente 60 minutos, dependiendo de la temperatura ambiente.</li> <li>• Tensión de rotura a tracción: <math>\geq 2</math> MPa.</li> <li>• Alargamiento en rotura: <math>\geq 20\%</math>.</li> <li>• Módulo de deformación: 1,8 MPa.</li> <li>• Dureza (Shore D): <math>\geq 70</math>.</li> </ul>

El PU Vegetal-Tipo“N” se suministra en dos componentes: A (color ámbar más oscuro) y B (color ámbar más claro), cuya proporción de mezcla se indica en partes por volumen (PPV) para cada componente. Estos deben mezclarse en una proporción de 1:2 en volumen (“una parte de A por dos partes de B”). La mezcla entre ambos componentes debe realizarse durante aproximadamente 5 (cinco) minutos de forma lenta (evitando agitar para no incorporar aire), hasta notar que el producto comienza a calentarse.

La fabricación de compuestos con esta resina no presenta riesgos para la salud (es atóxica) ni requiere equipos de gran tamaño, pudiendo trabajarse a temperatura ambiente, sin necesidad de prensas térmicas. La resina no es expansiva y posee una estructura de cadena molecular cerrada, envolviendo partículas secas. De este modo, el compuesto desarrollado en este trabajo se diseñó considerando la hipótesis de carga de relleno para esta resina.

### Desmoldante, Moldes y otros materiales

Según el fabricante, no se recomienda el uso de desmoldante, ya que se trata de una resina con cadena molecular cerrada. Las moléculas del desmoldante podrían interferir en el

cierre perfecto de esta cadena y alterar la resistencia/durabilidad de la pieza. El desmoldeo del compuesto se realizó sin mayores inconvenientes, incluso sin el uso de desmoldante. Se utilizaron moldes metálicos (para la fabricación de las probetas de tracción y flexión) y de silicona para los análisis sensoriales y de maquinado. Además, se emplearon: balanza digital, prensa manual, mezcladores, recipientes para mezclar el compuesto, espátulas y otros equipos de carpintería tradicional para los ensayos de maquinado (lijadora de banda y sierra de cinta).

### **Obtención del polvo de cáscaras de huevo**

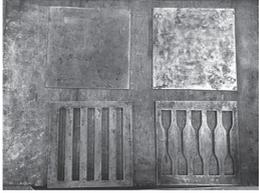
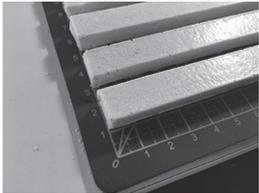
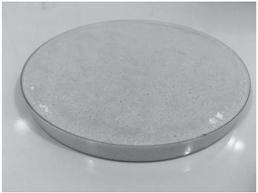
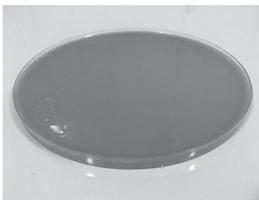
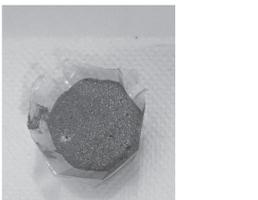
La trituración del material se realizó inicialmente de forma manual, con el uso de guantes de protección. Posteriormente, el residuo se colocó en tamices granulométricos. Para obtener la granulometría G1 del residuo, se utilizó una licuadora doméstica, y las probetas se construyeron con esta granulometría en forma de polvo. A continuación, el residuo fue colocado en una estufa durante 4 horas a 70°C. Tras la trituración, los residuos en polvo se secaron en un microondas a una potencia del 50 % durante dos minutos, y posteriormente fueron almacenados rápidamente en bolsas con cierre al vacío. Se utilizaron residuos de huevos blancos del tipo jumbo.

### **Proceso de producción del compuesto**

Inicialmente se pesaron las cantidades de los componentes A y B de la resina en la proporción recomendada por el fabricante (1:2), mezclándolos a baja velocidad para evitar la formación de burbujas de aire. La dosificación del compuesto fue del 80 % de residuos de cáscaras de huevo y un 20 % de resina de ricino. Durante la mezcla de los materiales, se observó una excelente absorción de la resina por el residuo, lo que justificó la mayor proporción de polvo en relación con la cantidad mínima de resina. Esta proporción, además, puede reducir los costos del material, ya que la resina es el componente más caro del compuesto.

Después de pesar los componentes, se procedió a mezclar la resina y el residuo durante dos minutos, hasta obtener una homogeneidad en el material. A continuación, la mezcla se vertió en los moldes para pruebas de flexión y tracción (Normas ASTM D790-03 y ASTM D638), así como en el molde para ensayos de maquinado en equipos de carpintería tradicional. El compuesto se compactó manualmente para evitar la formación de burbujas de aire y, posteriormente, se dejó curar a temperatura ambiente durante 24 horas, tras lo cual se realizó el desmoldeo.

El *Gráfico 3* ilustra las imágenes de los moldes utilizados, muestras del compuesto en placas de Petri y la resina por separado para observaciones iniciales. Además, se realizó un estudio utilizando un colorante natural de zanahoria, lo que resultó en un aspecto interesante para la estética del material. Sin embargo, esta etapa requiere experimentaciones adicionales en el futuro.

 <p>Moldes de metal utilizados para la fabricación de las muestras para ensayos de tracción y flexión.</p>	 <p>Muestras obtenidas para el ensayo de tracción.</p>
 <p>Muestras obtenidas para el ensayo de flexión.</p>	 <p>Placa de Petri con muestra del compuesto para observaciones y anotaciones de las propiedades sensoriales del material.</p>
 <p>Placa de Petri con muestra de la resina de ricino para observaciones y anotaciones de las propiedades sensoriales del material.</p>	 <p>Placa de Petri con muestra de la resina de ricino para observaciones y anotaciones de las propiedades sensoriales del material.</p>

**Gráfico 3.** Moldes, muestras del compuesto y placas de Petri con compuesto y resina pura (Fuente: Autores).

### Realización de los Ensayos Mecánicos

Los ensayos de tracción y flexión se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ensayos Mecánicos (LEM) del NUMATS–Núcleo de Enseñanza e Investigación en Materiales y Tecnologías de Bajo Impacto Ambiental en la Construcción Sostenible, de la Universidad Federal

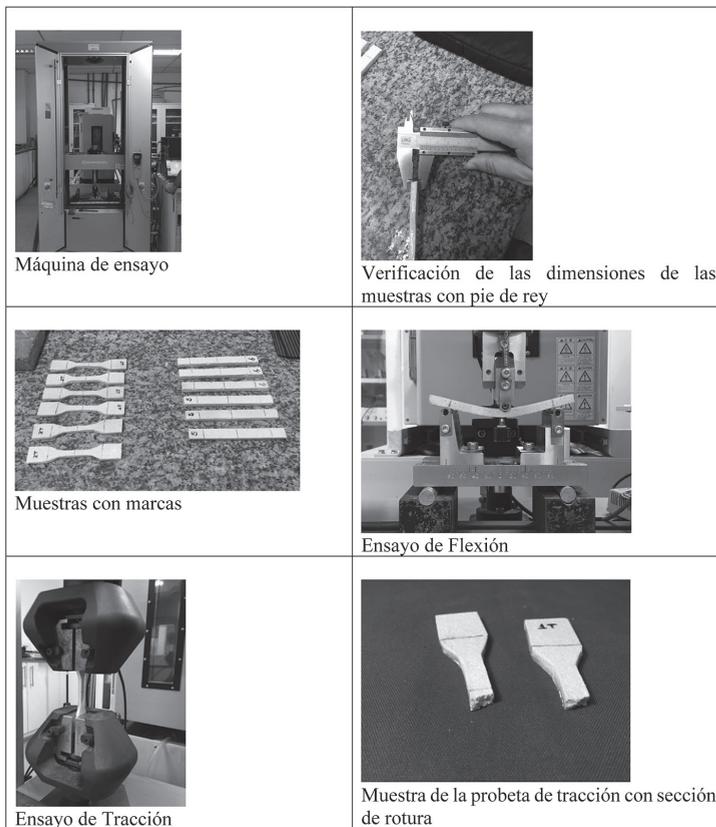
de Río de Janeiro. Se utilizó una Máquina de Ensayos Shimadzu Corporation, con un rango nominal/resolución de 0 a 100 kN, N° de certificado 33004500045 y un período de calibración de 1 año.

Se separaron 6 muestras para cada ensayo; sin embargo, debido a cuestiones técnicas de la maquinaria, solo pudieron realizarse tres repeticiones de cada uno. Los autores son conscientes de que el número de repeticiones es pequeño para un análisis completo, pero estos resultados pueden considerarse preliminares para evaluar las propiedades del material. Los ensayos podrán repetirse en breve con el número mínimo de 6 repeticiones, tan pronto como sea posible. Se destaca que las probetas se consideran “*sin edad*”. Se utilizó una velocidad de desplazamiento de 2 mm para ambos ensayos.

El ensayo de tracción es indicado para conocer la resistencia mecánica de un material al soportar fuerzas que actúan en la dirección de su elongación. De acuerdo con Callister (2007), consiste en la aplicación de una fuerza longitudinal en los extremos de la probeta hasta romperla, siendo posible determinar características mecánicas del material, como resistencia a la tracción, deformación máxima y módulo de elasticidad.

El ensayo de flexión consiste en la aplicación de una carga creciente sobre una probeta, en puntos determinados y con geometría estandarizada, hasta su ruptura. Este tipo de ensayo se realiza principalmente para evaluar las propiedades mecánicas de materiales frágiles y dúctiles, analizando las tensiones internas en la fase elástica (Andrade, 2017: 27 apud Filho, 2013).

El *Gráfico 4* ilustra las imágenes de las muestras con sus marcas, la máquina de ensayos, los ensayos en ejecución y, finalmente, presenta las secciones de ruptura (en el caso de las probetas de tracción). Para el ensayo de tracción se utilizó la Norma ASTM D638 y para el ensayo de flexión la ASTM D790.



**Gráfico 4.** Máquina de ensayo, probetas antes del ensayo mecánico, ensayo de flexión en tres puntos, ensayo de tracción y secciones de rotura de las muestras (Fuente: Autores).

El ensayo de flexión consiste en aplicar una carga creciente a una probeta en puntos específicos con una geometría normalizada hasta su rotura. Este tipo de ensayo se realiza principalmente para evaluar las propiedades mecánicas de materiales frágiles y dúctiles, analizando las tensiones internas en la fase elástica (Filho, 2013).

## Resultados y Discusiones

### Ensayo de Tracción

Para el ensayo de tracción se utilizó una sección estándar de 4x5 mm (con tres repeticiones). El valor medio de la resistencia a la tracción (RT) fue de 18,43MPa, con un coeficiente satisfactorio en torno al 7,30%. El *Gráfico 5* ilustra la curva de tensión vs. desplazamiento del travesaño (mm) para las tres probetas analizadas. El valor de la RT puede indicar el uso del compuesto en elementos no estructurales como el cobogó, así como en revestimientos de pared y algunos elementos de mobiliario (revestimientos), aunque aún son necesarios otros ensayos para confirmar esta hipótesis.



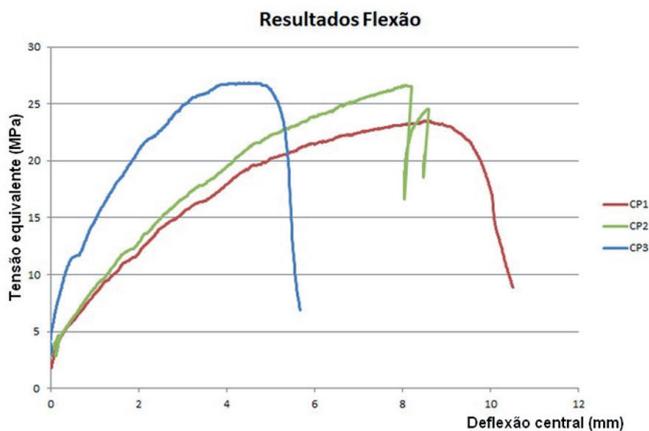
**Gráfico 5.**  
Resultados de Tracción (Fuente: Autores).

Filho (2017) analizó las propiedades del compuesto de cáscaras de huevo en granulometría de polvo con matrices de poliéster tereftálica y ortoftálica, obteniendo la resistencia a la tracción para tres granulometrías: G3-26,93 MPa, G2-28,51 MPa, G1-37,33 MPa y G3-26,38 MPa, G2-31,00 MPa y G1-37,41 MPa. La autora menciona que las matrices aisladas tienen una resistencia a la tracción de 40 MPa y 39,62 MPa (Filho, 2017: 50). Por lo tanto, el residuo debilitó las matrices poliméricas de poliéster, siendo que la granulometría más fina alcanzó una mayor resistencia, posiblemente porque facilita una mezcla más homogénea. Así, el residuo se caracterizó como una carga de relleno, ya que su adición disminuye la resistencia mecánica a la tracción de las resinas.

De este modo, el compuesto propuesto en esta investigación presentó una resistencia a la tracción inferior a la encontrada por Filho (2017), posiblemente debido a que el compuesto en cuestión no utilizó prensa hidráulica, sino un sistema simple de compactación. Otra cuestión se refiere a la matriz de poliuretano, que posiblemente pueda presentar una resistencia a la tracción menor que las resinas de poliéster presentes en el estudio de Filho (2017).

## Ensayo de Flexión

Para el ensayo de flexión se utilizó un ancho de 12mm, un espesor de 6mm y una luz de 95mm (con tres repeticiones), según la norma. El valor medio de la resistencia a la flexión fue de 25,65 MPa, con un coeficiente satisfactorio de aproximadamente el 7,30%. El *Gráfico 6* ilustra la curva de tensión equivalente (MPa) vs. deflexión central (mm) para las tres probetas analizadas. Al igual que se observó en el ensayo de tracción, el valor obtenido en el ensayo de flexión para el compuesto sugiere su uso en elementos no estructurales, como el cobogó, así como en revestimientos de pared y algunos elementos de mobiliario (revestimientos).



**Gráfico 6.**  
Resultados de Flexión  
(Fuente: Autores).

Filho (2017) analizó las propiedades del compuesto de cáscaras de huevo en granulometría de polvo con matrices de poliéster tereftálica y orto-ftálica, obteniendo la resistencia a la flexión para tres granulometrías: G3–12,57 MPa, G2–14,46 MPa, G1–14,82 MPa y G3–13,99 MPa, G2–17,12 MPa, G1–17,47 MPa. La autora menciona que las matrices aisladas tienen una resistencia a la flexión de 66,63 MPa y 55,71 MPa (Filho, 2017: 52). La autora

explica que hubo una caída significativa en la resistencia a la flexión cuando se adicionó el residuo de cáscara de huevo a las resinas, probablemente debido a que la carga aumenta la rigidez del material. La investigadora indica que esta reducción era esperada, ya que las partículas disminuyen la resistencia de la matriz; sin embargo, los valores obtenidos no impedirían su uso en productos cuyas aplicaciones no requieran grandes sollicitaciones de carga.

El compuesto propuesto en este trabajo presentó una resistencia a la flexión superior a la del material presentado por Filho (2017), es decir, una resistencia de 25,65 MPa. De este modo, el compuesto de polvo de cáscaras de huevo con matriz de resina de ricino puede adecuarse para la fabricación de cobogós, ya que estos no son elementos estructurales que requieran altas sollicitaciones de cargas mecánicas.

### **Análisis sensorial/táctil del compuesto**

La percepción humana sobre su entorno, y más específicamente sobre la cultura material, se forma a partir de la sensibilización de los sentidos, que luego se procesa mediante mecanismos neurológicos de la cognición. Todo este proceso está influenciado por la calidad de los estímulos, que permiten que la información llegue a los sentidos humanos. De este modo, queda clara la importancia de ofrecer distintos canales sensoriales a fin de generar una mayor comprensión de los productos y servicios creados en el ámbito del diseño. La experiencia de confort y apego, por ejemplo, son algunos de los caminos a seguir cuando el usuario experimenta materialmente el objeto.

En relación con el compuesto desarrollado, es posible señalar que las sensaciones y percepciones experimentadas pudieron describirse mediante la apreciación táctil y visual del material. Se observaron características como textura, superficie con brillo u opacidad, peso (experiencia con el compuesto en la mano), coloración, olor y el comportamiento ante la incidencia de la luz solar. Estos aspectos se describen en el *Gráfico 7*. El compuesto fue sometido a análisis de maquinado tradicional, como pulido, corte y perforación, demostrando un buen comportamiento y una razonable facilidad de maquinado y moldeo.

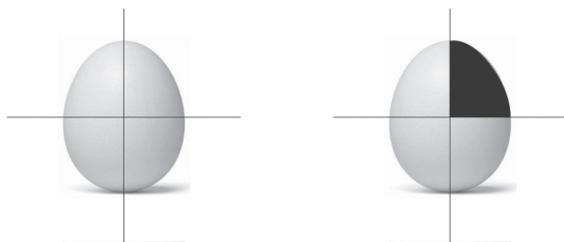
<b>Táctil</b>	<b>Visual</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liso</li> <li>• Sin flexibilidad</li> <li>• Rígido</li> <li>• Densidad media</li> <li>• Resistente a rayaduras</li> <li>• Aspecto similar a la caliza de París o <i>Pierre de Lutèce</i>, debido a su tonalidad crema suave</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opaco</li> <li>• Mate (con la superficie del molde mate)</li> <li>• Brillante (con la superficie del molde lustrosa)</li> <li>• Semibrillo cuando se expone a la luz solar</li> <li>• Pesado</li> <li>• Color crema suave</li> </ul>

**Gráfico 7.** Atributos táctiles y visuales del compuesto (Fuente: Autores).

## Proyecto de Diseño

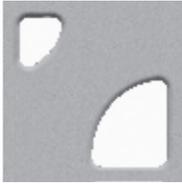
Para el desarrollo del proyecto de cobogó se utilizó la metodología del *Design Thinking* mediante la herramienta del doble diamante. De esta manera, se analizaron algunas formas de la naturaleza para el estudio y aplicación en la forma del cobogó. La morfología del huevo fue utilizada en este estudio.

En este sentido, se diseñó un cobogó considerando el huevo como un envoltorio dividido en cuatro secciones (Ver Figuras 7A y B), las cuales fueron aplicadas al proyecto de la pieza. La idea fue no distanciarse demasiado del lenguaje formal del huevo, valorando al máximo el residuo que este genera. El módulo en negro (Ver Figura 7B) se trabajó y estilizó de modo que mantuviera su forma natural simplificada y con su esencia principal.

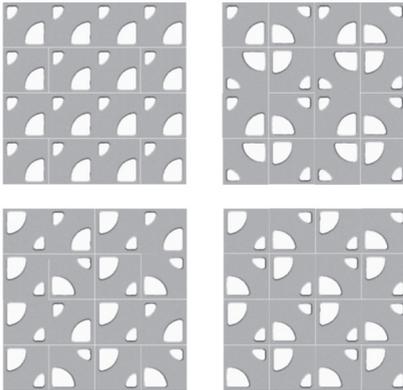


**Figuras 7A y B.**  
Estudios de mimesis  
a partir del huevo  
de gallina (Fuente:  
Autores).

Tomando el módulo citado anteriormente como parámetro visual para aplicarlo en el cobogó, se analizó su capacidad para iluminar y, al mismo tiempo, ventilar el producto, llegando a la conclusión de su eficacia para el propósito propuesto. El módulo se trabajó teniendo en cuenta el desarrollo y estudio de la disposición según Schwarts (2008), mediante el uso de módulo, multi-módulo, encaje, sistema de repetición, *rapport* y malla. A partir de estos componentes se forman módulos para el estudio de patrones y posibilidades de direcciones. También se consideraron los tipos de simetría: traslación, rotación, reflexión, inversión y dilatación. Con estos principios se desarrolló el cobogó (Ver Figura 8) y se analizaron algunas posibles composiciones, según el Panel 1.



**Figura 8**



**Panel 1**

**Figura 8.**  
Cobogó desarrollado a partir del compuesto fabricado (Fuente: Autores).  
**Panel 1.**  
Estudio de composición para el cobogó (Fuente: Autores).

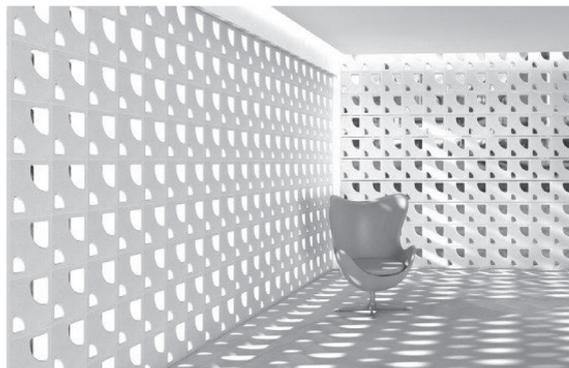
Es importante destacar que todo el desarrollo y estudio del cobogó contó con el uso de software de modelado comúnmente utilizados en la enseñanza del diseño industrial, tales como *SolidWorks Simulation Standard*. Este se trata de un entorno de prueba virtual intuitivo para movimiento basado en tiempo estático y lineal, así como para la simulación de fatiga de alto ciclo. Es un método de ingeniería simultánea que ayuda a determinar si el producto desarrollado funcionará correctamente y durante cuánto tiempo, todo esto en la fase de proyecto (www.solidworks.com, 2024).

La *Figura 9* ilustra el aspecto del cobogó y del material desarrollado. La *Figura 10* muestra una ambientación digital y su apariencia en diferentes entornos.

El cobogó fue diseñado con un molde único y con tecnología apropiada, con el fin de facilitar el acceso a su fabricación por parte de las comunidades locales. Para el asentamiento de las piezas será necesario el uso de mortero.



9



10

**Figura 9.**  
Cobogó y aspecto del material (modelado digital) (Fuente: Autores).

**Figura 10.**  
Ambientación con el producto desarrollado (modelado digital) (Fuente: Autores).

## Conclusiones

El compuesto formado por una matriz de poliuretano derivado del aceite de ricino, con carga de cáscaras de huevo de gallina en granulometría de polvo, demostró ser viable y posiblemente menos impactante para el medio ambiente. El material podría aplicarse en la fabricación de piezas y estructuras sometidas a bajos esfuerzos mecánicos debido a su baja resistencia a la tracción y resistencia media a la flexión. El residuo se presenta como una carga de relleno viable; sin embargo, es necesario verificar si aumentó la resistencia a la tracción de la matriz de resina de ricino, dado que no se realizaron pruebas en este sentido. El residuo en polvo de cáscaras de huevo fue bien absorbido por la resina en una proporción del 80%, considerándose que al aumentar esta proporción podría obtenerse un material con buenas propiedades mecánicas, reduciendo el costo del compuesto, ya que la matriz polimérica es el ítem de mayor costo. El compuesto se fabricó considerando los preceptos de la tecnología apropiada o tecnología adecuada, que consiste en la aplicación tecnológica a pequeña escala, accesible a la comunidad local, descentralizada, energéticamente eficiente, ambientalmente sostenible y localmente autónoma. Originalmente se la conoció como tecnología intermedia, según el economista Ernst Friedrich Schumacher, quien enfatizó la centralidad de las personas en el concepto productivo (Wikipedia, 2024).

El cobogó presentó una estética y funcionalidad compatibles con los requisitos exigidos para esta categoría: iluminación y ventilación.

Los tres pilares de la sostenibilidad (social, económico y ambiental) estuvieron presentes en todo el desarrollo de la investigación, demostrando que es posible desarrollar materiales mediante la experimentación en el campo del diseño sostenible y la herramienta del ecodiseño.

Además, al adoptar los principios de la biomimética, el presente estudio demostró que la naturaleza puede ser una fuente inagotable de inspiración para soluciones innovadoras y sostenibles en el diseño. El análisis de las formas naturales, como el huevo de gallina, permitió crear un cobogó que armoniza funcionalidad, estética y sostenibilidad, reforzando la idea de que la observación y la imitación de procesos y estructuras naturales pueden generar productos que respeten el medio ambiente y promuevan un diálogo más profundo entre el ser humano y la naturaleza. Este enfoque no solo potencia la utilización de materiales alternativos, sino que también contribuye a una nueva visión del diseño basada en la eficiencia, la resiliencia y la armonía ecológica, características intrínsecas a los sistemas naturales.

## Referencias bibliográficas

- ABPA (2024) Relatório Anual. Associação Brasileira de Proteína Animal. <https://abpa-br.org/abpa-relatorio-anual/>
- Andrade, M. F., & Souza, L. G. M. de. (2017) *Obtenção e estudo de um compósito com matriz de resina poliéster e carga de pó da casca de ovo de galinha* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.
- Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica (ANFACER). (2022, março 22). *Cobogó Mundau, da Portobello, conquista prêmio iF Design Award 2022*. <https://www.anfacer.org.br/noticias/cobogo-mundau-da-portobello-conquista-premio-if-design-award-2022>
- ASTM D638-14: ASTM International (2014) ASTM D638-14: Standard test method for tensile properties of plastics. <https://doi.org/10.1520/D0638-14>
- ASTM D790-03: ASTM International (2003) ASTM D790-03: Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. <https://doi.org/10.1520/D0790-03>
- Benyus, J. M. (1997) *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. HarperCollins.
- Beraldo, A. L., & Nagumo, C. H. (2004) Compósito casca de ovo e argamassa de cimento Portland. In *Proceedings of ICTR 2004 (Pp. 2088-2097)*.
- Bogoeva-Gaceva, G., Avella, M., Malinconico, M., Buzarovska, A., Grozdanov, A., Gentile, G., & Errico, M. E. (2007) Natural fiber eco-composites. *Polymer Composite 2007*.
- Boron, L. (2004) *Citrato de cálcio da casca do ovo: biodisponibilidade e uso como suplemento alimentar* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos

- Brasil. (2010) *Lei Nº12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)
- Callister, W. D. (2002) *Ciência e engenharia de materiais: Uma introdução*. John Wiley & Sons, Inc
- Cardoso, C. H. D. C. S. (2017) *Valorização de resíduo de casca de ovo galináceo na obtenção de titanato de cálcio* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
- Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). *Home*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>
- Grimaldi, M. R., & Oliveira, A. K. F. (2022) Processo criativo em Design: Uma reflexão sobre a aplicação da mimética como auxílio no desenvolvimento de produtos e serviços inovadores. *Revista Estudos em Design*, 10(1), 117–132.
- Karana, E., Hekkert, P., & Kandachar, P. (2008) Material considerations in product design: A survey on crucial material aspects used by product designers. *Materials & Design*, 29(6), 1081-1089.
- Lefteri, C. (2017) *112 materiais em design: 112 para design de produto*. Editora Blucher.
- Lopez, C. C. (2016) Specialization and characterization of e-waste, using analytical techniques. In *Characterization of minerals, metals, and materials* (p. 629)
- Manzini, E. (2007) *Design para a inovação social e sustentabilidade*. E-Papers.
- Mello, A. K. da S. (2013) *Design de tecnologia social: Reaproveitamento do ouriço da castanha do Brasil no desenvolvimento de novos materiais* (Dissertação de mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Design.
- Monte, M. B. (2003) *Técnicas alternativas para a produção de caulim*. Editora CETEM/MCT
- Neves, M. A. d. (1998) *Alternativas para a valorização da casca de ovo como complemento alimentar e em implantes ósseos* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
- Oliveira, A. K. F. de. (2011) *Estudo da viabilidade técnica de utilização do compósito poliuretano de resina de mamona e fibra de ubuçu na fabricação de pisos e revestimentos* (Tese de doutorado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Engenharia de Materiais.
- Oliveira, D. A., Benelli, P., & Amante, E. R. (2009) *Valorização de resíduos sólidos: Casca de ovos como matéria-prima no desenvolvimento de novos produtos*. In *2º Internacional Workshop - Advances in Cleaner Production: Key elements for a sustainable world: Energy, water and climate change* (pp. [páginas do trabalho, se disponíveis]). São Paulo, Brasil.
- Portobello. (n.d.). *Cobogó Portobello: Estilo e funcionalidade na arquitetura*. Blog Archtrends. <https://blog.archtrends.com/cobogo-portobello/>
- Schwartz, A. R. D. (2008) *Design de superfície: Por uma visão projetual, geométrica e tridimensional* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista, Design Industrial.
- Silva, C. A. P. da. (2017) *Aproveitamento de resíduos de casca de ovo para incorporação em argamassas* (Dissertação de mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- Silva, I. C. R. da, & Oliveira, A. K. F. (2021) *Ecomcompósito de resina vegetal e resíduos de fibra de piaçava: Estudos de usinagem e sensorialidade para aplicações no campo do design* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Design.

Vivadecora. (2018, julho 6) *O que é cobogó?* <https://arquitetura.vivadecora.com.br/2018/07/06/o-que-e-cobogo/>

---

**Abstract:** Low environmental impact composite materials have become a focus of study in various areas of knowledge, such as design and engineering. This interest is justified by the growing concern for environmental issues, directly related to the circular economy, which is presented as a viable solution to these challenges. The present research analyses the application possibilities of a composite consisting of eggshell powder as a filler in a plant polymeric matrix in bio-inspired design solutions.

The study starts with a literature review on sustainable materialities and bio-inspired design, and then performs and describes the results of physico-mechanical tests of the composite, following ASTM standards. The Material Driven Design (MDD) methodology guided the analysis of the material, exploring not only its technical properties, but also its sensory characteristics. The results indicated that the composite is applicable in the production of cobogós, perforated elements that provide lighting and ventilation without compromising the privacy of spaces. The study was based on the principles of biomimetics for the development of the cobogós pieces, integrating sustainability into the design and addressing issues related to the circular economy. The cobogós were developed through digital modelling, inspired by natural organisms.

**Keywords:** Bioinspired design - Digital fabrication - Eco-composites - Eco-design - Cobogó - Circular economy - Eggshells - Castor resin

**Resumo:** Os materiais compostos de baixo impacto ambiental têm se tornado foco de estudo em diversas áreas do conhecimento, como design e engenharia. Esse interesse é justificado pela crescente preocupação com as questões ambientais, diretamente relacionadas à economia circular, que se apresenta como uma solução viável para esses desafios. A presente pesquisa analisa as possibilidades de aplicação de um composto constituído de pó de casca de ovo como enchimento em uma matriz polimérica vegetal em soluções de design bioinspiradas.

O estudo começa com uma revisão da literatura sobre materialidades sustentáveis e design bioinspirado e, em seguida, executa e descreve os resultados dos testes físico-mecânicos do composto, seguindo os padrões da ASTM. A metodologia Material Driven Design (MDD) orientou a análise do material, explorando não apenas suas propriedades técnicas, mas também suas características sensoriais. Os resultados indicaram que o composto é aplicável na produção de cobogós, elementos perfurados que fornecem iluminação e ventilação sem comprometer a privacidade dos espaços. O estudo baseou-se nos princípios da biomimética para o desenvolvimento das peças dos cobogós, integrando a sustentabilidade ao design e abordando questões relacionadas à economia circular. Os cobogós foram desenvolvidos por meio de modelagem digital, inspirados em organismos naturais.

**Palavras-chave:** Design bioinspirado - Fabricação digital - Ecompositos - Eco-design - Cobogó - Economía circular - Cascas de ovos - Resina de mamona

---